

УДК 622.85:622.33  
DOI 10.17513/use.38237

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ МАЛЫХ РАЗРЕЗОВ ЯКУТИИ

Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Антоева С.П.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,  
e-mail: mine\_academy@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается открытая разработка месторождений в условиях криолитозоны, факторы усложняющие восстановление нарушенных земель – различные криогенные процессы, продолжительный зимний и короткий вегетационный период. Установлено, что в условиях криолитозоны продолжительность восстановления нарушенных земель весьма велика из-за того, что плодородный слой незначителен и его минерализации недостаточно для обильного произрастания растительности, что удлиняет процесс самовосстановления. Целью исследования является обоснование направлений трансформирования с последующей рекультивацией месторождений малых разрезов в условиях криолитозоны с суровой климатической средой и бедной растительностью. Методы исследования включают анализ масштабов экологического состояния земель при их открытой разработке, оценку путей их рекультивации. С этой целью произведен анализ способов вскрытия и системы разработки малых разрезов Якутии с внутренним и внешним отвалообразованием на основе изучения динамики коэффициентов вскрыши. Существующие технологии ведения открытых горных работ предусматривают выполнение восстановительных работ после полной отработки месторождения, системы разработки не предусматривают работы по производству технической рекультивации. Результатом работы является оценка параметров рекультивации выработанного пространства, отвалов разреза и их обязательное включение в проект разработки месторождения, учитывающий техническую рекультивацию, способы восстановления нарушенных земель. При этом предлагается использовать выработанное пространство в качестве водоемов, рекреационных зон, ледников, площадок для захоронения отходов с последующим их перекрытием вскрышными или другими породами.

**Ключевые слова:** криолитозона, малые разрезы, выработанное пространство, отвалы, трансформирование, рекультивация

## THE MAIN DIRECTIONS OF RECLAMATION OF DISTURBED LANDS OF SMALL OPEN-PIT MINES IN YAKUTIA

Zarovnyaev B.N., Shubin G.V., Antoeva S.P.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk,  
e-mail: mine\_academy@mail.ru

**Annotation.** The article discusses open-pit mining of deposits in the permafrost zone, factors complicating the restoration of disturbed lands by various cryogenic processes, long winter and short growing seasons. It has been established that in the conditions of the cryolithozone, the duration of restoration of disturbed lands is very long due to the fact that the fertile layer is insignificant and its mineralization is not enough for the abundant growth of vegetation, which increases the process of self-healing. The purpose of the research is to substantiate the directions of transformation with subsequent reclamation of small-section deposits in the permafrost zone with a harsh climate and poor vegetation. The diversity of the landscape, mining and geological conditions, the technologies and development systems used, the influence of permafrost and geocryological conditions predetermine the methods for the further use of the transformed deposit in economic circulation. In this regard, the directions of transformation of deposits should be predetermined at the beginning of its development and included in the development project, which provides for the reclamation of disturbed lands. Research methods include analysis of the scale of the ecological state of lands during open-pit mining and assessment of ways for their reclamation. For this purpose, an analysis of the methods of stripping and the development system of small open-pit mines in Yakutia with internal and external dumping was carried out based on a study of the dynamics of stripping ratios. Existing open-pit mining technologies provide for restoration work after complete development of the deposit; due to the development system, they do not provide for technical reclamation work. The result of the work is an assessment of the parameters for the reclamation of mined-out space, mine dumps and their mandatory inclusion in the field development project, which takes into account technical reclamation and methods for restoring disturbed lands. At the same time, it is proposed to use the mined-out space to use the mined-out space as reservoirs, recreational areas, glaciers, waste disposal sites with their subsequent covering with overburden or other rocks.

**Keywords:** cryolithozone, small cuts, mined-out space, dumps, transformation, reclamation

Республика Саха (Якутия) является крупнейшим регионом России, занимая 1/5 часть ее территории, и полностью находится в зоне распространения многолетней мерзлоты, а 40% территории республики находится в заполярной зоне с весьма су-

ровыми природно-климатическими условиями. Установлено, что возраст многолетне-мерзлых пород составляет от 0,5 до 2 млн лет. Характерным явлением многолетне-мерзлых пород является наличие деятельного слоя, промерзающего зимой и оттаи-

вающего летом на глубину от 1 м на севере до 3,5 м на юге республики. При этом продолжительность зимнего периода составляет около 9 месяцев, в течение которых приостанавливаются все процессы вегетации растительности. Кроме того, отрицательное влияние оказывают локальные факторы, такие как рельеф местности и отвалов, скудость растительности, бедность плодородного слоя, большое количество замерзшего льда, достигающего полного влагонасыщения мерзлых горных пород. Такие географические особенности региона предопределили направления развития экономики республики, в основном как горнодобывающей [1, 2], так как сельскохозяйственный уклад жизни в таких суровых природно-климатических условиях нерентабелен.

Интенсивное освоение месторождений полезных ископаемых в Республике началось с 2024 г. с освоения Алданских россыпей золота. В последующем начались разработки угольных месторождений, как Сангарское, Кангаласское, Джебарики, Хайнское, Нерюнгринское, которые повлекли серьезные нарушения экосистемы.

За период освоения многочисленных месторождений в течение более чем 100 лет на территории Республики нарушены огромные территории без соответствующей технологической и биологической рекультивации. Эти территории оставались на «самоизлечение», самозаращение и фактически являются заброшенными [3]. Также одной из причин является ограниченное финансирование рекультивации нарушенных земель. В ходе разработки месторождения на всей территории земельного участка удаляется плодородный почвенно-растительный слой, защищающий нижележащие породы от таяния мерзлоты, термоэрозии, термокарста, солифлюкции, выпучивания и вымораживания. Эти явления многократно увеличивают масштабы техногенного воздействия на ландшафт и создают масштабный экологический дисбаланс не только на территории разрабатываемого месторождения, но и на окружающую среду за зонами горных и земельных отвалов. Таким образом, отсутствие должного внимания на восстановление нарушенных земель приводит к нарушению экологического состояния целого региона, что грозит дальнейшим углублением негативных последствий разработки месторождений, не только нарушением ландшафта, но и расширением радиационного фона, пылеобразованием обнаженных поверхностей ка-

рьерного поля, отвалов, технологических дорог и площадок. С целью уменьшения негативного влияния горных работ на ранимую северную территорию с малой продуктивностью биоценозов, замедленным биологическим круговоротом растительности и весьма ранимой природой необходимы технологии и проекты с одновременной рекультивацией нарушенных земель.

Значительные нарушения ландшафта приходится на разработку кимберлитовых трубок, угольных и россыпных месторождений открытым способом [4]. Если карьеры кимберлитовых трубок невозможно восстанавливать, выработанные пространства малых угольных разрезов имеют определенные перспективы для рекультивации. В связи с этим в работе рассматриваются основные направления рекультивации нарушенных земель малых угольных разрезов.

Обширная территория Якутии и бездорожье благоприятствуют развитию малых угольных разрезов на местах потребления углей. Уголь входит в тройку основных энергетических полезных ископаемых. В настоящее время, несмотря на общую тенденцию снижения доли добычи угля в связи с расширением использования газа в топливно-энергетическом комплексе, малые разрезы Якутии добывают львиную долю угля для обеспечения тепла и электроэнергии.

В дореволюционные годы и в период социалистического развития страны вопросы о рекультивации не ставились остро в связи с отсутствием такой службы. Экологические аспекты освоения месторождений были сформулированы позднее, когда за многие годы разработки месторождений произошло накопление громадных территорий, нарушенных горными работами, и с каждым годом с увеличением масштабов добычи полезных ископаемых их площади растут. В настоящее время площади нарушенных земель, масштабы загрязнения ежегодно растут, с увеличением объемов горных работ, приумножая и создавая проблемы сельского и лесного хозяйства, организации отдыха населения, загрязнения окружающей среды, загрязнения запасов грунтовых и пресных вод. Изложенное требует выработки стратегии использования земельных ресурсов, в первую очередь при освоении богатств недр, что делает обоснование основных направлений рекультивации нарушенных земель малых разрезов в криолитозоне актуальной научно-технической задачей.

В республике горнодобывающая промышленность является основной отраслью,

где добываются различные энергоресурсы, драгоценное сырье, руды и другие полезные ископаемые с масштабным воздействием на экосистему всего региона [5–7], влияние которых сводится к загрязнению земель, воздуха, водных ресурсов, осаждение вредных примесей при обогащении, нарушение мерзлотного баланса в районе разработки месторождения (оттайки, нарушение гидрологического режима). Наиболее масштабными нарушениями характеризуются открытые горные работы с обширными выработанными пространствами, отвалами и технологическими площадками и дорогами, остающимися на долгие годы без какой-либо защиты от нарушения мерзлотно-гидрогеологического равновесия, загрязнения воздушного пространства и водных ресурсов. Снятие плодородного слоя, защищавшего мерзлоту от таяния, приводит к ее деградации и является причиной появления деформаций откосов карьеров, отвалов, образования провалов. Кроме того, это является причиной подкисления и засоления почв и водных ресурсов, а также обезвоживания плодородного слоя почвы на территориях разработки месторождений [8, 9]. Снижение такого негативного влияния горных работ на окружающую среду возможно только при неукоснительном соблюдении требований экологической безопасности при землепользовании.

При существующих технологиях разработки месторождений минимизации нарушения земельных ресурсов можно достичь при жестком нормировании удельного нарушения земельных отвалов на единицу добытого сырья. Следующим перспективным направлением является использование технологий горных работ с одновременной рекультивацией нарушенных земель, внутреннего отвалообразования, сокращением продолжительности процесса рекультивации, обязательное сохранение почвенно-растительного слоя на время разработки месторождения [10–12].

Цель исследования – определить основные направления трансформирования месторождений малых угольных разрезов с учетом мерзлотно-геокриологических условий, сурового климата и бедной растительности.

При анализе масштабов нарушения земель при их открытой разработке и возможности их рекультивации в данной работе приняты во внимание способы вскрытия и системы разработки месторождений с дислокацией отвалов с учетом коэффи-

циентов вскрыши малых разрезов Якутии. Как известно, восстановление нарушенных земель должно быть взаимосвязано с технологией ведения горных работ, однако, как показывает практика выполнения этих работ, восстановительные работы проводятся, как правило, после полной отработки месторождения и не включаются в общий технологический процесс. На начальном этапе разработки месторождения, как правило, в эти работы входят выемка, складирование и хранение плодородных слоев почвы, пригодных для рекультивации нарушенных земель, подготовки отвалов, инженерной подготовки восстанавливаемого карьерного поля, нанесение почвы на выровненную поверхность отвалов, технологических дорог и площадок, карьерного поля. Стадия восстановительных работ должна включать выполаживание откосов карьеров, отвалов, дамб и плотин, восстановление естественных водоемов, восстановление растительного покрова и повышение его плодородия, выполнение инженерно-строительных и гидротехнических объектов, строительство зон отдыха и другие работы. Основные направления технологии рекультивации нарушенных земель в условиях криолитозоны представлены в работах [13–15].

Малые угольные разрезы Якутии характеризуются значительными коэффициентами вскрыши, системами с внутренним и внешним отвалообразованием, что значительно расширяет зону нарушений и усложняет работы по их восстановлению. В связи с этим для их разработки необходимо корректировать способы вскрытия, системы разработки и их технологические параметры. При этом принятые системы и технологические параметры разработки должны соответствовать следующим требованиям для обеспечения экологической безопасности:

- с учетом горно-геологических условий для малых угольных разрезов предпочтительны варианты систем с внутренним отвалообразованием для уменьшения их землеемкости;

- при разработке месторождений должны быть учтены такие факторы, как продолжительность пребывания откосов карьеров и отвалов в обнаженном состоянии, для того чтобы их минимизировать;

- формирование карьерного поля и конструкция отвалов вскрыши должно отвечать требованиям технологии рекультивации после его полной разработки согласно принятому направлению дальнейшего использования земель после их восстановления;

– проект разработки месторождения должен учитывать рекультивацию нарушенных земель, и технология рекультивации должна быть заложена в проект разработки месторождения.

Благодаря горизонтальному и пологому углу падения, к этим требованиям наиболее подходят малые разрезы Якутии: углы падения месторождений горизонтальные или пологие, небольшие коэффициенты вскрыши, преимущественно приняты системы с внутренним отвалообразованием. Большинство разрезов предусматривают внутреннее отвалообразование, наибольшую долю площади рекультивации составляют именно внутренние отвалы, занимающие 65–75%. Однако при большой мощности продуктивного пласта (Кировский, Харбалахский разрезы), объем пород недостаточен для заполнения выработанного поля разреза. Поэтому используются различные технологии заполнения выработанного пространства для полной рекультивации. Например, льдопородная закладка карьерного поля, с принятием последующих мер, исключающих их оттайку после рекультивации нарушенной поверхности. При этом формирование отвалов должно быть с учетом мерзлотно-гидрогеологических условий месторождения и должно исключать оттайку их основания для предотвращения деформации и устойчивости массива. Для этого льдопородная закладка, заложенная в основание отвала для заполнения выработанного пространства, должна быть сохранена теплоизолирующим слоем достаточной толщины.

Горно-геологические условия малых разрезов благодаря малой мощности вскры-

ши, горизонтальному и пологому залеганию пластов способствуют применению внутреннего отвалообразования и бестранспортных систем разработки. Так, для Куларского, Белогорского, Кемпендяйского, Краснореченского, Надеждинского, Харбалахского месторождений применены сплошные однобортные поперечные и продольные системы разработки с внутренним отвалообразованием. Междупласть Кангаласского, Кировского, Харбалахского месторождений разрабатываются карьерным экскаватором по транспортной схеме и бульдозером с вывозом пород вскрыши во внешние отвалы. Для Зырянского, Денисовского, Чульмаканского, Олонгринского и Джебарики-Хаинского месторождений применены углубочно-сплошные поперечные и продольные системы разработки с внутренним отвалообразованием.

Анализ систем разработки малых разрезов показывает, что в основном используются сплошные системы разработки с частичным, внешним и внутренним отвалообразованием (рис. 1). Это позволяет значительно сократить площади нарушаемых земель и облегчает их рекультивацию.

Опыт разработки горизонтальных и пологих месторождений с внутренним отвалообразованием в условиях криолитозоны показывает возможность уменьшения рабочей зоны карьера, которая является основным фактором, определяющим величину нарушаемой площади горными выработками и возможность их последующей рекультивации в процессе разработки месторождения, а также после завершения горных работ.

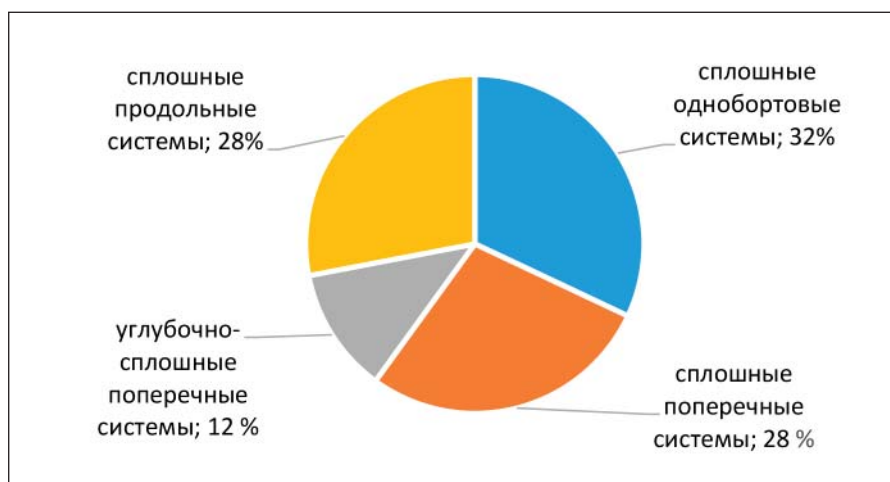


Рис. 1. Применяемые системы разработки малых угольных разрезов Якутии





Рис. 2. Выработанные пространства карьеров «Харбалахский» и «Кангаласский»

Таким образом, параметры рекультивации карьерного поля должны быть заложены в проект разработки месторождения с учетом способа рекультивации, ее стоимости, наличия благоприятных условий для тех или иных способов восстановления нарушенных земель. Это необязательно может быть биологическая рекультивация, так как в условиях криолитозоны биологическая рекультивация очень сложна и продолжительна. Поэтому нужно находить рациональное сочетание биологической, технологической и других направлений восстановления нарушенных земель. К последним относятся использование выработанного пространства в качестве водоемов, рекреационных зон, ледников, площадок для захоронения отходов с последующим их перекрытием вскрышными или другими породами.

Малые угольные месторождения Якутии преимущественно имеют горизонтальное или пологое залегания, выработанное

пространство карьеров представляет собой яму, заполнение которой возможно только при внутреннем отвалообразовании. Если такая система разработки не была заложена проектом, возникает проблема ее использования.

Как видно на рис. 2, выработанные пространства карьеров «Харбалахский» и «Кангаласский» представляют собой ямы. На карьере «Харбалахский» часть вскрыши представлена песчано-гравийной смесью, которая используется в качестве строительного материала на отсыпке дорог, фундаментов. В результате породы вскрыши не хватает на полное заполнение выработанного пространства. В связи с этим было предложено заполнение выработанного пространства льдопородной смесью с предохранением от оттайки слоем пород вскрыши и использованием полученной площадки в качестве пастбищ. Подобные условия имеются на карьере Кангаласский,

Кировский, Зырянский, для которых следует разрабатывать индивидуальные технологии трансформирования месторождений.

Таким образом, последнее связано с извлечением полезного ископаемого в процессе разработки месторождения, последующим восстановлением выработанного пространства, отвалов и превращением отработанного месторождения в другой объект народного хозяйства, что связано с трансформированием месторождения.

Термин «трансформирование месторождения» означает его разработку для физического извлечения полезного ископаемого с последующей рекультивацией выработанного пространства, отвалов, технологических площадок и дорог для дальнейшего использования месторождения в других целях [16–18]. При этом с учетом горно-геологических условий, технологии разработки, применяемых систем и методов рекультивации нарушенных земель определяется метод рекультивации: биологическая или рекреационная рекультивации.

Разнообразие ландшафта, горно-геологических условий, применяемых технологий и систем разработки, влияние мерзлотно-геокриологических условий определяют способы дальнейшего применения трансформированного месторождения в хозяйственный оборот. В связи с этим направления трансформирования месторождений должны предопределяться в начале его разработки и закладываться в проект разработки, предусматривающий рекультивацию нарушенных земель.

### Выводы

1. Горно-геологические условия малых угольных разрезов Якутии благоприятствуют применению наиболее щадящих систем с внутренним отвалообразованием, однако проблема рекультивации нарушенных земель осложняется особыми мерзлотно-геокриологическими условиями, суровым климатом и бедным растительным слоем почвы.

2. Разнообразие ландшафта, горно-геологических условий, применяемых технологий и систем разработки, влияние мерзлотно-геокриологических условий определяют способы дальнейшего применения трансформированного месторождения в хозяйственный оборот. В связи с этим направления трансформирования месторождений должны предопределяться в начале его разработки и закладываться в проект разработки, предусматривающий рекультивацию нарушенных земель.

### Список литературы

1. Черный М.Р. Особенности землепользования на участках, подверженных негативному влиянию разработки недр // Молодой ученый. 2019. № 17 (255). С. 18–20. URL: <https://moluch.ru/archive/255/58415/> (дата обращения: 14.02.2024).
2. Зеньков И.В., Нефедов Н.Б., Морин А.С., Киришина Е.В., Вокин М.Н., Веретенова Т.А., Кондрашов П.М., Павлова П.Р., Брежнев Р.В. Технология рекультивации земель при разработке угольных месторождений в северных регионах России // Уголь. 2020. № 4. С. 62–67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-62-67.
3. Крючков В.В. Необходимость и возможность рекультивации нарушенных земель на Севере // Доклады 2 международной конференции «Освоение Севера и проблема рекультивации». Сыктывкар, 1994. С. 23–32.
4. Андроханов В.А. Проблемы рекультивации северных территорий // Успехи современного естествознания. 2012. № 11–1. С. 28–31.
5. Харионовский А.А., Франк Е.Я. Обоснование горно-технической рекультивации по созданию культурного ландшафта в карьере по разработке глизей // Уголь. 2018. № 2. С. 100–102. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-2-100-102.
6. Strunk S., Houben B., Krudewig W. Controlling the Rhenish opencast mines during the transition of the energy industry // World of Mining – Surface & Underground. 2016. Vol. 68 (5). P. 289–300.
7. Ohsowski B.M., Dunfield K., Klironomos J.N., Hart M.M. Plant response to biochar, compost, and mycorrhizal fungal amendments in post-mine sandpits // Restoration Ecology. 2018. Vol. 26. P. 63–72.
8. Fernandes K., Van der Heyde M., Bunce M. DNA metabarcoding – new approach to fauna monitoring in mine site restoration // Restoration Ecology. 2018. Vol. 26, Is. 6. P. 1098–1107.
9. Lanterman J., Goodell K. Bumble bee colony growth and reproduction on reclaimed surface coal mines // Restoration Ecology. 2018. Vol. 26. P. 183–194.
10. Андроханов В.А. Проблемы рекультивации Северных территорий // Успехи современного естествознания. 2012. № 11–1. С. 28–31.
11. Горохов А.Н., Иванов В.В., Кудинова З.А., Петров А.А. Оценка степени техногенного воздействия на природные комплексы Верхоянского района Республики Саха (Якутия) // Горный журнал. 2016. № 9. С. 109–114.
12. Jin L.I., Tong Tong Zhang, Wen Yang, Yu Zhang. The environmental impact of mining and its countermeasures // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 63. № 04010. DOI: 10.1051/mateconf/2016630.
13. Zarovnyaev B.N., Shubin G.V., Budikina M.E., Sobakina M.P., Danilov A.A. Estimation of the efficiency of disturbed land reclamation // 21st International Scientific Multidisciplinary Conference on Earth and Planetary Sciences SGEM 2021. Conference Proceedings Volume. Exploration and Mining. Albena, Bulgaria: 14 August – 22 August. 2021. P. 371–378. DOI: 10.5593/sgem2021/1.1/s03.050.
14. Трубецкой К.Н., Захаров В.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В. Технологическое обеспечение экологической стратегии освоения минеральных ресурсов в криолитозоне // Горный журнал. 2019. № 7. С. 39–44.
15. Perti R., Stein W., Dahmen D., Buschhut K. Sustainable follow-up use of recultivated surfaces // World of Mining – Surface & Underground. 2013. Vol. 65 (2). P. 92–101.
16. Ракишев Б.Р. Новые определения естественного и трансформированного месторождения полезного ископаемого и этапы их эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 8. С. 165–177. DOI: 10.25018/0236-1493-2023\_8\_0\_165.
17. Шеломенцев И.Г., Славиковская Ю.О. Классификация техногенных пустот недр с учетом направления использования ресурсного потенциала для целей экологической реабилитации территорий горнопромышленного комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 12. С. 127–140. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-127-140.
18. Ракишев Б.Р. О ключевых понятиях разработки полезных ископаемых и их взаимосвязях // Горный журнал. 2021. № 10. С. 84–89. DOI: 10.17580/gzh.2021.10.08.